

Л.І. ЦВІРКУН, канд. техн. наук, доц. НГУ (м. Дніпропетровськ),
І.В. КМІТИНА, аспірант НГУ (м. Дніпропетровськ)

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ МЕРЕЖІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ КОНВЕЄРНИХ ЛІНІЙ

Розроблено модель передачі даних по CAN мережі для контролю стану конвеєрних ліній у вугільній шахті, що має три сегменти збору різного роду інформації. Модель дозволяє аналізувати роботу мережі й визначати її найбільш завантажені місця. На основі цієї моделі можна визначити кількість контрольованих пунктів для забезпечення стійкого режиму роботи мережі. Іл.: 2. Табл.: 1. Бібліогр.: 8 назв.

Ключові слова: конвеєрна лінія, мережа передачі даних, модель передачі даних.

Постановка проблеми. За минулий час майже повністю оновлена техніка для виїмки вугілля, для підземного транспорту, створені засоби контролю й керування технологічними процесами, пристрої збору, аналізу й передачі інформації на базі мікропроцесорної техніки. Усе більше в керуванні виробництвом застосовується комп'ютерна техніка. Згідно "Правил технічної експлуатації вугільних шахт" повинно бути реалізований безперервний технологічний моніторинг [1]. Технологічний моніторинг – система аналізу й оцінки в поточному часі комплексу даних контролю, спостережень, вимірів, обстеження всіх частин технологічного ланцюга шахти. Інформаційні потоки з об'єктів повинні надходити в базу даних автоматизованої системи керування виробництвом.

Застосування цих систем на вугільних шахтах стримується відсутністю розвинених інформаційних мереж, а тим більше мереж з використанням протоколу TCP/IP. Крім цього, в підземних умовах звичайно використовується багатожильний неекранований телефонний кабель, що спільно зі специфічними умовами монтажу (неспаяні клемні з'єднання) значно погіршує параметри ліній зв'язку існуючих мереж, що приводить до значного зменшення швидкості передачі інформації [2]. Тобто такі мережі характеризуються малою пропускну здатністю.

Все більше застосування в багатьох галузях промисловості, включаючи й вугільну, знаходять системи відеоконтролю технологічних процесів [3].

Для уточнення структури системи контролю конвеєрних ліній і обґрунтування алгоритму передачі інформації, включаючи й відеоінформацію, необхідна розробка імітаційної моделі. Вона дозволить визначити оптимальний інтервал передачі інформації з відеокамер, час передачі повідомлень і завантаження каналів зв'язку.

Аналіз літератури. На сьогоднішній день в Україні серед систем керування розгалуженими конвеєрними лініями найбільшу популярність має

система автоматизованого керування конвеєрними лініями (САККЛ). Концепція САККЛ була розроблена на початку 90-х років разом з Національним гірничим університетом (м. Дніпропетровськ, Україна) і Проектно-конструкторським інститутом гірничого машинобудування ТОВ "ПКИ Гормаш". Для САККЛ підсистемою моніторингу є пульт керування, який відображає для оператора стан кожного конвеєра та систему в цілому.

Повну інформацію про виконання технологічного процесу при такій структурі має у своєму розпорядженні лише оператор, що перебуває безпосередньо біля пульта керування.

В теперішній час є потреба в дистанційному моніторингу через локальну або глобальну мережу. При цьому з технологічних процесів повинні надходити не тільки показання датчиків, але й відеозображення.

У роботі [4] проведено аналіз готових промислових мережних рішень для створення системи передачі інформації на великі відстані в шахтних умовах, що базуються на польових шинах AS-i, Modbus, CAN, Interbus, Profibus, Unitelvay, Fipio. У роботі представлені відмінності шини CAN (Controller Area Network), які вигідно виділяють її з наведеного переліку.

Становить інтерес розробка математичної моделі завантаження одного каналу передачі даних CAN мережі, що дозволяє визначати такі параметри системи контролю, при яких забезпечується прийнятний коефіцієнт використання каналу. У роботі [3] представлена структурна схема такої CAN мережі передачі даних і обрані її параметри (довжина лінії зв'язку, пропускна здатність каналу, середній обсяг переданої відеоінформації, кількість камер спостереження та часовий інтервал їхнього опитування).

Мета статті. Розробка моделі мережі передачі даних з декількома сегментами збору інформації при контролі стану конвеєрних ліній, аналіз роботи мережі та визначення завантаженості каналів.

Основна частина. Структурна схема системи контролю конвеєрних ліній, що розроблюється, може мати вигляд, показаний на рис. 1. Відеоконтролери (В) фіксують, що відбувається, й передають зібрану інформацію через інформаційну мережу шахти на сервер бази даних. Крім знімків відправляються дані про температуру, час і інші параметри.

Ця схема може бути описана методами систем масового обслуговування [5, 6]. Як джерело заявок виступає вся безліч кінцевих вузлів, тобто для розглянутого завдання – відеоконтролери спостереження.

Вимогами, що надходять на обслуговування, є CAN-кадри (фрейми). Обслуговуючим апаратом є CAN канал передачі даних. Крім того, CAN контролери також є приймачами й оброблювачами вимог.

У розглянутому випадку вхідний потік вимог відповідає пуассонівському закону розподілу імовірності, а час обслуговування – показовому [6]. Таким чином, представлену задачу можна віднести до задач масового обслуговування.

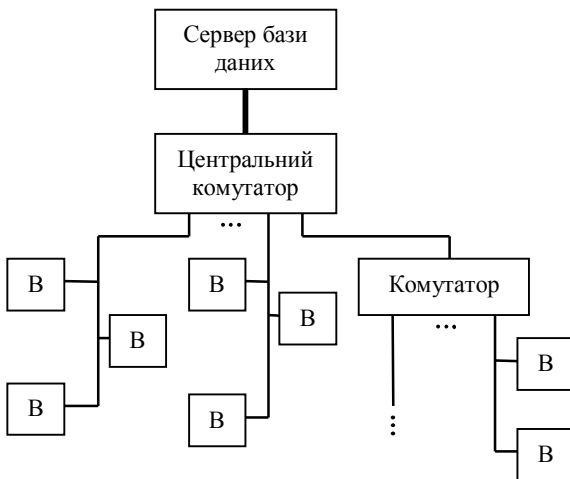


Рис. 1. Структурна схема системи контролю конвеєрних ліній

Система відеоконтролю відноситься до розімкнених систем, тому що вимоги надходять ззовні й інтенсивність їхнього потоку не залежить від стану системи. Потік вимог, що надходить на вхід системи, може бути обслужений одним апаратом, тобто система є одноканальною. В розглянутій системі немає обмеження на довжину черги, тому що вимоги в кожному разі стають у чергу й чекають обслуговування.

Відомо, що CAN інтерфейс підтримує два нижніх рівні еталонної моделі OSI: фізичний і канальний. Таким чином, інформація в мережі передається кадрами, які і є вимогами в системі масового обслуговування.

Вузли мережі, які мають коефіцієнт завантаження U , що наближається до одиниці, є завантаженими. Пошук завантажених місць у мережі є важливим аспектом її роботи. Якщо в цих вузлах утвориться черга, то при $U \geq 1$ вона стає нескінченною й мережа переходить у нестійкий режим роботи. Такий вузол стає насиченим вимогами. Завантажені вузли в мережі визначають її пропускну здатність. Тому при аналізі роботи мережі необхідно особливу увагу приділяти їхньому пошуку [7].

Представимо розглянуту мережу передачі даних у вигляді багатофазної одноканальної системи масового обслуговування, структурна схема якої представлена на рис. 2. При цьому передана інформація, залежно від виду й обсягу, надходить по одному із трьох сегментів.

Для моделювання процесів у системі контролю конвеєрних ліній і оцінки параметрів роботи системи скористаємося середовищем моделювання GPSS World [6 – 8].

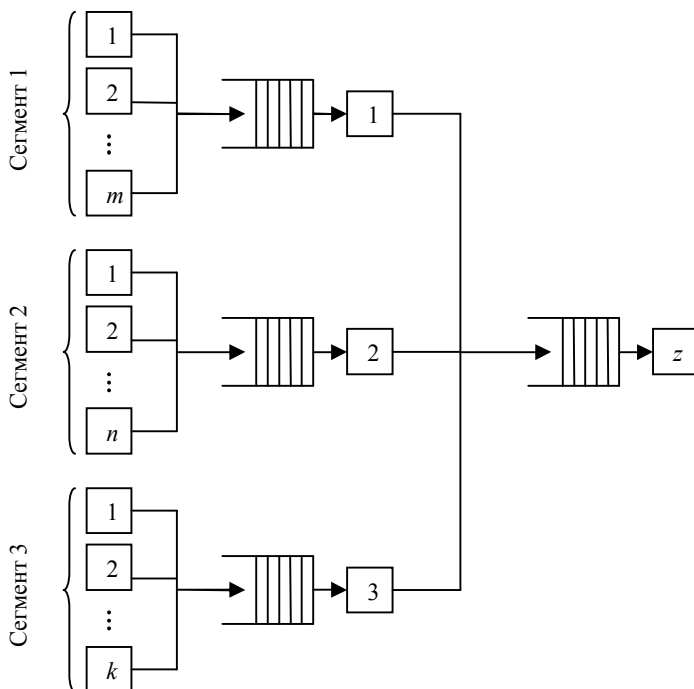


Рис. 2. Структурна схема системи масового обслуговування

Для написання програми моделі, відповідно до поставленого завдання, використаємо такі типи об'єктів GPSS World [6, 8]:

- транзакти;
- блоки, що здійснюють модифікацію атрибутів транзактів;
- блоки, що описують об'єкти апаратної категорії;
- блоки, що забезпечують одержання статистичних результатів;
- одноканальні пристрої;
- об'єкти обчислювальної й статистичної категорій.

Інформацію про об'єкти GPSS запишемо у вигляді послідовності операторів.

Програму мовою GPSS World представимо у вигляді двох частин. У першій частині реалізується збір інформації з камер або датчиків і послідовна передача однорідних повідомлень по каналу зв'язку на проміжний CAN контролер (CAN.1, CAN.2, CAN.3).

Ураховується середній інтервал часу між надходженнями двох зображень, відхилення часу надходження зображень від середнього. Збір статистичної інформації для черги забезпечується за допомогою операторів QUEUE і DEPART.

Далі моделюється час обробки повідомлення першого потоку.

Після обробки відбувається перехід до наступної частини. Але перед цим системі повинне бути послане повідомлення про звільнення першого об'єкта за допомогою оператора RELEASE.

У другій частині програми відбувається розрахунок завантаження основного каналу CAN мережі. Стадії обробки вимог моделюються аналогічно.

Для написання програми необхідно задати вихідні дані розрахунку часу передачі одного повідомлення. Для цього необхідно вибрати середовище передачі даних, визначити пропускну здатність каналу, кількість пристроїв контролю та інтенсивність їхнього опитування.

Будь-яке фізичне середовище (мідний кабель, оптоволокно або бездротовий канал), яке призначене для передачі інформації, вносить певну тимчасову затримку розповсюдження сигналу. Ця затримка залежить від довжини лінії зв'язку й пропускну здатності середовища передачі.

Як середовище передачі даних обрано мідний неекранований телефонний кабель. Швидкість поширення сигналу по мідному провіднику прийнято вважати рівною або близькою до швидкості світла у вакуумі – $3 \cdot 10^8$ м/с. Тобто затримка поширення одного біта інформації у лінії зв'язку довжиною L дорівнює:

$$T_{bit} = \frac{L}{V_{св}}, \text{ с}, \quad (1)$$

де $V_{св}$ – швидкість світла у вакуумі, рівна швидкості поширення сигналу, м/с.

Як було зазначено вище інформація в мережі передається кадрами, у яких послідовності бітів кодовані відповідно до певного алгоритму в електричний сигнал різної частоти й амплітуди. Отже, загальний час пересилання одного кадру рівняється часу, що пройшов між відправленням передавачем першого біта інформації й одержанням приймачем останнього біта. Дана величина розраховується, як сума часу T_{bit} та часу передачі одного кадру даних. Остання ж величина представляє собою наступне відношення:

$$T_{tr} = \frac{F}{v}, \quad (2)$$

де T_{tr} – час затримки передачі сигналу, с; F – довжина кадру, біт; v – швидкість передачі даних, біт/с.

Виходячи з вище зазначеного, загальний час передачі одного кадру по лінії зв'язку визначається наступним відношенням:

$$T_{frame} = T_{bit} + T_{tr}, \text{ с}. \quad (3)$$

Три сегменти системи передають повідомлення різного типу. Припустимо, що через перший сегмент передаються дані з відеокамер спостереження, через другий – з датчиків контролю стану конвеєрної стрічки й

через третій – аварійні повідомлення, яким задається вищий (перший) пріоритет при передачі на пульта диспетчера.

Вихідними даними для розрахунку завантаження каналу першого сегмента були: чорно-білі відеозображення форматом 320×240 піксель із середнім обсягом 7 Кбайт, пропускна здатність каналу передачі даних 20 Кбіт/с (при обраній відстані CAN шини 2500 м), інтервал опитування камер спостереження 120 ± 10 с, кількість камер 20.

Вихідними даними для розрахунку завантаження каналу другого сегмента були: сигнали з датчиків конвеєрів середнім обсягом 8 байт, пропускна здатність каналу передачі даних 20 Кбіт/с, інтервал опитування датчиків 30 ± 5 с, кількість конвеєрів 40.

Вихідними даними для розрахунку завантаження каналу третього сегмента були: аварійні повідомлення із середнім обсягом 1 байт, пропускна здатність каналу передачі даних 20 Кбіт/с, середній статистичний інтервал передачі таких повідомлень 5400 ± 1000 с, кількість джерел повідомлень 120.

У таблиці наведені результати моделювання для системи контролю, модельний час складав 6 год.

Таблиця

Результати моделювання в середовищі GPSS World

Пристрій моделі (FACILITY)	Кількість кадрів оброблених пристроєм (ENTRIES)	Коефіцієнт використання UTIL, відн. од.
CAN.1	3495	0.784
CAN.2	43174	0.011
CAN.3	479	0.000
CAN	47081	0.826

За результатами моделювання, як зазначено у таблиці, видно, що найбільше значення коефіцієнту використання каналу (0.784) є у першому сегменті мережі, де передаються відеозображення. У другому сегменті мережі, по якому передаються показники датчиків, невелике значення коефіцієнту завантаження (0.011). А в третьому взагалі коефіцієнт дорівнює нулю.

Коефіцієнт використання основного каналу мережі, який об'єднує в собі три сегменти, дорівнює сумі коефіцієнтів інших каналів (0.826).

Таким чином, знаючи максимально допустимий коефіцієнт завантаження каналу передачі даних, а саме 80% [5], можна використати розроблену модель для визначення інтервалу зйомки зображень відеокамерою при певній кількості контрольованих пунктів на конвеєрній лінії у вугільній шахті.

Висновок. Розроблено модель мережі передачі даних системи контролю конвеєрних ліній, що дозволила:

– уточнити структуру системи відеоконтролю та можливості її розширення;

– обґрунтувати алгоритм роботи системи відеоконтролю;

– визначити оптимальний інтервал передачі інформації з відеокамер, час передачі повідомлень і завантаження каналів зв'язку різних сегментів.

Подальші дослідження в даній області необхідно направити на уточнення й подальший розвиток запропонованих алгоритмів передачі інформації.

Список літератури: 1. Дубов Е.Д. О новых "Правилах технической эксплуатации угольных шахт" / Е.Д. Дубов, И.Я. Мищенко, П.Е. Мнухин // Уголь Украины. – 2007. – № 4. – С. 46-48. 2. Gruhler G. Very large hierarchical CANopen systems in mining / G. Gruhler, G. Pivnjak, V. Tkachov, L. Tsvirkun, D. Poperechnyy // CAN Newsletter. – 2004. – № 4. – P. 48-54. 3. Кмитина И.В. Расчет загрузки канала CAN сети системы контроля работы конвейерных линий угольной шахты / И.В. Кмитина, Л.И. Цвиркун // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2009. – № 33. – Том 2. – С. 5-10. 4. Ткачев В.В. Разработка системы передачи информации для подземных условий / В.В. Ткачев, Ю.А. Аврахов, Д.А. Поперечный, П.Ю. Огеенко, Н.В. Козарь // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2004. – № 19. – Том 2. – С. 20-27. 5. Томашевський В.М. Моделирование систем / В.М. Томашевський. – К.: Видавнича група ВВВ, 2005. – 352 с. 6. Боев В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World / В.Д. Боев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 368 с. 7. Томашевський В.М. Вирішення практичних завдань методами комп'ютерного моделювання: Навч. посібник / В.М. Томашевський, О.Г. Жданова, О.О. Жолдаков. – К.: Корнійчук, 2001. – 268 с. 8. Кудряцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем / Е.М. Кудряцев. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.

Стаття представлена д.т.н. проф. НГУ Ткачовим В.В.

УДК 681.5.015:622.647.2

Моделирование работы сети передачи данных системы контроля конвейерных линий / Цвиркун Л.И., Кмитина И.В. // Вестник НТУ "ХПИ". Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2010. – № 21. – С. 193 – 199.

Разработана модель передачи данных по CAN сети для контроля состояния конвейерных линий в угольной шахте, которая имеет три сегмента сбора разного рода информации. Модель позволяет анализировать работу сети и определять ее наиболее загруженные места. На основе этой модели можно определить количество контролируемых пунктов для обеспечения устойчивого режима работы сети. Ил.: 2. Табл.: 1. Библиогр.: 8 назв.

Ключевые слова: конвейерная линия, сеть передачи данных, модель передачи данных.

UDC 681.5.015:622.647.2

Data communication network modeling of the control system for conveyor lines / Tsvirkun L.I., Kmitina I.V. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2010. – № 21. – P. 193 – 199.

Model of data communication by CAN network with three different type information gathering segments for the state conveyor line monitoring in coal mine was developed. Model permits to analysis the network and to identify the most high-usage trunks. On basis of this model can regulate an amount of observation points for support stable network condition. Figs.: 2. Table: 1. Refs.: 8.

Key words: conveyor line, network of telecommunications, model of communication data.

Поступила в редакцию 10.10.2009